

# 汽轮机凝汽系统主射汽抽气器的在线切出处理

洪 岩 (河南能源化工集团中原大化公司化肥事业部合成氨厂, 河南 濮阳 457000)

**摘要:** 2018年4月23日19时55分, 合成氨厂汽轮机压缩机组装置真空异常下降, 压缩机岗位操作人员迅速启动开工抽气器, 使真空系统逐渐恢复。真空系统暂时稳定后, 通过排查凝汽系统确定主射汽抽气器装置故障。为了装置的长周期安全运行和节能, 必须将主抽气器进行在线交出检修好并安全投用。本文详细介绍了主抽气器的在线切出和检修后的投用过程, 探讨了凝汽系统中存在的缺陷, 提出了凝汽系统改进优化的方案。

**关键词:** 汽轮机凝汽系统; 射汽抽气器; 真空度; 管线改造

凝汽式汽轮机有一套复杂的凝汽设备和真空系统, 其主要有表面式凝汽器、凝结水泵、抽气设备以及这些部件之间的连接管道、阀门组成。河南能源化工集团中原大化公司合成氨装置凝汽汽轮机的凝汽系统见图1。来自01MT01和07MT01的排汽进入凝汽器07E001中, 被其冷却水管中的冷却水冷却成冷凝液。冷凝液被泵07P001A/B打出去, 经过主抽气器07U001的冷却器后, 经过07E001液位控制阀LV07011后, 送往脱盐水处理单元。凝汽系统的射汽抽气器用来抽取07E001中的不凝气体, 一旦发生故障, 真空系统就无法维持, 严重影响汽轮机的功率和效率, 严重会造成机组停机事故。

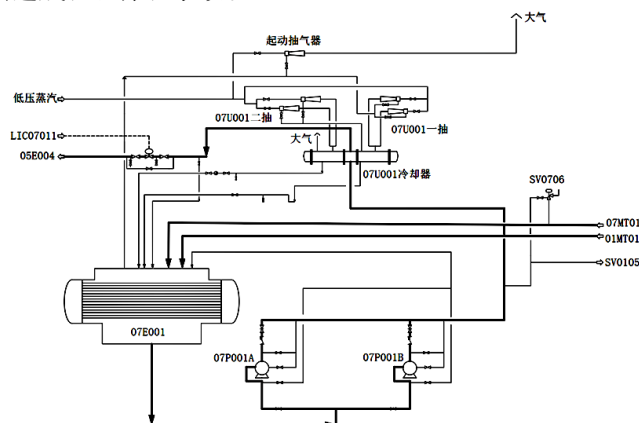


图1 汽轮机凝汽系统流程简图

## 1 主射汽抽气器简介

凝汽系统的射汽抽气器包含启动抽气器和主抽气器。启动抽气器为一级射气抽气器, 用于很快建立使汽轮机启动的真空; 主抽气器是汽轮机正常工作时被用来抽出凝汽器内的不凝气体以维持真空。系统中工作的主抽气器采用两级抽气器, 其工作原理: 凝汽器中的残余蒸汽、空气混合物, 在第一级射汽抽气器的作用下被压缩到某一中间压力, 此压力大于凝汽器内的压力而小于大气压力, 进入中间冷却器的空间, 在与铜管束的热交换的过程中被凝结成水。而那些不能凝结成水的空气混合物和少部分蒸汽受到冷却后进入第二级混合室, 然后被第二级射汽抽气器抽走, 这样既可回收一部分蒸汽, 又可减少第二级射汽抽气器的耗功。在第二射汽抽气中蒸汽、空气混合物被压缩到略高于大气压的值, 而后进入后冷却器, 在这里部分蒸汽被凝结成水, 最后少量未凝结的蒸汽、空气混合物通过排汽口排入大气中。

## 2 射汽抽气器故障的现象和紧急处置

2018年4月23日19时55分, 主控人员发现01MT01

与07MT01耗汽量突然上涨, 同时发现凝汽器内压力P01010指示由0.09barA快速涨到0.25barA, 最高达到0.581barA。为防止P01010再升高引起联锁动作造成装置停车, 压缩岗位人员快速启用启动抽气器。20时04分P01010开始下降, 20时30分降至0.24barA, 真空系统基本恢复稳定。真空系统稳定以后, 通过排查发现07U001排气管线有水间歇喷出, 设备内部有水击声音, 且一级、二级抽气器入口压力表波动。打开两个换热器冷凝液回收管线导淋, 发现导淋处有大量液体连续排出, 比正常冷凝液量明显增多。综合判断为主射汽抽气器冷却器内漏。

由于启动抽气器运行功耗较大, 且做功后的蒸汽全部放空, 不宜作为正常运行时的抽气器长时间使用; 而且如果开工抽气器再故障, 就必须系统停车, 因此必须把07U001整体切出来检修, 检修好再投用。

## 3 主射汽抽气器的在线切出

通过对凝汽系统工艺流程的梳理, 决定采用07U001走旁路的方法对交出07U001, 整体思路如下: 真空系统由开工抽气器进行控制; 利用临时焊接管线(07U001旁路)将透平冷凝液绕过07U001送往脱盐水回收。具体改造路线是: 彻底交出07P001A泵, 在07P001A出口单向阀前至LV07011后导淋处加临时3寸管线; 07P001A原冲洗密封水管线拆除, 接至临时管线上。

07U001切出步骤:

①按照泵操作规程, 在启动前对非运行泵07P001A进行灌泵、排气操作;

②通知控制室对凝汽器液位L07011、P01010实时监控, 将LV07011投自动;

③启动07P001A泵, 当泵出口压力升高到6bar(绝压)时, 保持双泵运行, 缓慢打开LV07011后三寸导淋阀。随阀开度增大, 07P001A外送冷凝液, LV07011逐渐自动关小;

④当LV07011全关后, 停07P001B泵。LV07011切手动控制, LV07011液位通过3寸导淋闸阀缓慢调整至稳定(操作过程要缓慢进行, 防止泵出口压力突然降低, 引起汽化: 如果发生压力突然降低要快速关小3寸导淋闸阀, 当压力稳定后再缓慢打开进行液位控制, 无法恢复时启动07P001B进行液位控制), 期间专人对泵出口压力和L07011液位进行监护;

⑤当L07011调整稳定后, 07P001A稳定运行30min以上, 关闭07P001B泵进出口截止阀以及暖泵线、泵密封水截止阀, 关闭送真空系统安全阀密封水截止阀, 07P001B

前排气阀, 关闭 LV07011 前截止阀, 关闭抽气器冷却器冷凝液回收阀; 打开 LV07011 调节阀前导淋和抽气器冷却器冷凝液回收截止阀前导淋排水交出。

#### 4 主射汽抽气器的投用

①缓慢打开 07P001A 原出口截止阀对管线进行充水, 期间关闭主抽气器冷却器冷凝液回收截止阀前导淋, 关闭 LV07011 调节阀前导淋, 打开 07U001 冷却器顶部排气阀进行排气, 结束后关闭排气阀, 对管线进行充压, 检修部位没有泄漏以后, 缓慢全开 07P001A 出口截止阀;

②确认 07P001A 出口截止阀全开, 当泵运转稳定以后, 打开 LV07011 前截止阀, 通知出口严密监视液位变化, LV07011 投自动, 现场缓慢关 LV07011 后 3 寸导淋阀。随着液位的升高, LV07011 调节阀自动打开, 直至 3 寸导淋闸阀全关, 将冷凝液流程打通;

③ 07P001A 主流程打通以后, 现场投用 07U001 的四个喷射器: 投用时先开蒸汽阀, 后开空气阀; 先投 07U001 二抽, 后投一抽, 并注意 P01010 变化; 抽气器投用后, 打开抽气冷却器冷凝液回收阀, 防止换热器壳程积液使喷射泵失效;

④ 07U001 上四个喷射器投用以后, 如果真空恢复至正常, 可缓慢停用开工抽气器, 投用真空大气安全阀密封水截止阀。07P001B 充压、排气, 按照规程进行备用后启动, 当泵运转稳定后, 停 07P001A 并交出。拆除临时管线, 然后对 07P001A 进行备泵。整个操作完成。

#### 5 凝汽系统改进措施

本次抽气冷却器共发现 5 根漏管, 漏管的原因是换热管在 30 多年运行中外管壁受到蒸汽流的冲击腐蚀, 内壁受到冷却水的冲击, 管壁不断减薄而造成管壁穿透, 经过测厚发现大多冷却管都存在不同减薄现象。针对凝汽系统 07U001 没有旁路和主抽气器冷却器冷却管都存在不同程度的减薄的现状, 在后来的大修期间, 我们采取了以下改进措施。

##### 5.1 为 07U001 加旁路

在大修停车期间为 07U001 旁路: 在送大气安全阀管线后和 LV07011 前截止阀后加一条 3 寸不锈钢管线和一个 (上接第 178 页) 油到最高油位状态下应力分析, 此时整个油箱的最大位移发生在短侧板中部, 最大位移量为 13.16 mm, 其中长侧板的最大位移量为 10.24 mm 左右, 如图 2 所示。对照以上分析结论 (改进后的新油箱最大变形 13.16mm) 与旧油箱实地测量 (最大变形 23.8mm) 结果以及变形云图趋势来看, 经过改进措施后的新油箱理论变形量与现场实际的原油箱变形量相比已经有了明显改善, 改进措施的效果还是非常明显、有效的, 可以满足现场机组正常运行要求的;

③接下来, 为了保证以后类似大容积油箱的整体刚度, 我们继续验证油箱壁板加厚到 10mm 后的应力分析结果, 充油到最高油位状态下应力分析此时整个油箱的最大位移发生在短侧板中部, 最大位移量为 4.46mm, 其中长侧板的最大位移量为 2.98mm 左右, 如图 3 所示。对比以上结论: 类似油箱外形尺寸不变的前提下, 壁厚 6mm 时最大变形量 23.8mm; 壁厚 8mm 时最大变形量 13.16mm (可

3 寸截止阀 (图 2 中 2 阀); 在 07U001 前加一 3 寸闸阀 (图 2 中 1 阀)。当 07U001 出现故障时候, 只需要交替开后加截止阀, 关后加的闸阀, 至截止阀全开, 闸阀全关, 然后再关 LV07011 前截止阀 (图 2 中 3 阀), 即可将 07U001 切出去。

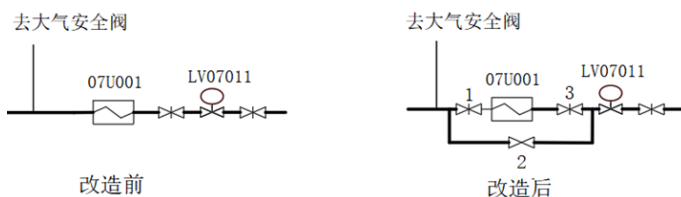


图 2 凝汽系统管线改造图

#### 5.2 每次大修后对冷却器换热管进行测厚和开车前充压查漏, 并做好换管的准备

每次停车大修期间要做冷却器的测厚和充压查漏工作, 以掌握抽气冷却器冷却管的运行情况。其次制定冷却器换热管换管的检修方案, 当发现管壁厚均减到一定程度或漏管数达到总管的 10% 时, 完成所有铜管更换。

#### 6 结语

通过凝汽系统管线临时改造完成了 07U001 的在线交出和投用, 避免了停车检修, 为合成氨厂节省了大量资金 (合成氨厂停车一次会造成上百万损失)。后期通过凝汽系统管线的改造, 简化了抽气器故障 07U001 切出检修的步骤; 并制定了换热器铜管更换方案, 为下一步工作指明了方向。

#### 参考文献:

- [1] 张明智, 林湖, 姚艳秋, 等. 凝汽器真空度下降的分析与处理 [J]. 电力科学与工程, 2003(01):52.
- [2] 贺志远. 600MW 汽轮机组凝汽系统的分析研究 [J]. 机械管理开发, 2019(4):131-132.
- [3] 薛令光. 射汽抽气器蒸汽的选择对煤化工装置运行的影响 [J]. 化肥工业, 2017(05):41-42.
- [4] 康松, 杨建明, 胥建群. 汽轮机原理 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2000:113-133.
- [5] 任晓东, 林芝. 射汽抽气器腐蚀原因分析与处理 [J]. 内燃机与配件, 2018(19):95-96.

以满足机组运行要求); 壁厚增大到 10mm 时最大变形量 4.46mm, 在整体刚度上的表现更为优秀。

#### 4 项目成效

基于以上应力分析结论, 我们又分析并推广到公司比较常见的公称容积规格为 4000L-45000L 范围内润滑油站油箱的壁厚制定工作, 我们制定了油箱容积与壁板厚度的对照表, 这样既能保证机组油箱的整体刚度满足业主要求, 又能最大限度的防止壁厚盲目加大造成的成本上升, 项目执行至今, 在油箱整体刚度方面的表现上做到了让用户、设计院、集团等各方面满意的结果, 从而极大提升了沈鼓集团的产品品质, 极大提高容器公司的市场竞争力。

#### 参考文献:

- [1] API 614-2008. 润滑、轴密封和控制油系统及辅助设备 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [2] 王占荣, 陈研, 王宏. 油站及油站中各组部件的用途 [J]. 风机技术, 2008(6):66-69.